Ferramentas da Qualidade Aplicadas no Processo de Pintura em uma Indústria Metalúrgica



Alexandro de Oliveira Arlindo; Fernando Alexandre Platner; Robson Augusto de Brito; Sérgio Zagonel
Faculdade Educacional de Araucária

RESUMO
O presente trabalho foi desenvolvido no setor de pintura de uma indústria, fabricante de estruturas metálicas para indústrias de papel celulose e áreas de refino de petróleo e gás, como objetivo de reduzir o alto índice de defeitos que ocorrem no processo de pintura industrial. A análise de dados reais coletados no ambiente de produção facilitou o apontamento dos defeitos mais comuns e que acarretam resultados negativos. Sendo assim, com a necessidade de aplicação das ferramentas da qualidade para melhorias do processo, utilizou-se, de início, a ferramenta Folha de Verificação no setor para levantar todos os defeitos e os custos gerados. Além disso, os conceitos e a metodologia utilizados foram obtidos através do levantamento bibliográfico, levantamento de dados, análise de dados coletados, desenvolvimento das melhorias e avaliação dos resultados. Para a otimização do trabalho realizou-se a medição dos resultados após aplicação das ferramentas da qualidade e as ações de melhoria aplicadas, sendo que os resultados futuros foram projetados pelos autores, demostrando os ganhos obtidos com a execução das mesmas. Ao final, com base nos resultados apresentados, obteve-se uma redução de 3,85% dos defeitos que eram gerados em 2017, constata-se a extrema importância das ferramentas de qualidade no processo produtivo.

Palavras chave: ferramentas da qualidade, defeitos, resultados, melhorias do processo, custos, otimização.

ABSTRACT
The present work was developed in the paint sector of an industry, manufacturer of metallic structures for pulp paper and oil and gas refining areas, in order to reduce the high index of defects that occur in the industrial painting process. The analysis of real data collected in the production environment facilitated the identification of the most common defects and that lead to negative results. Therefore, with the need to apply the quality tools for process improvements, the Verification Sheet tool was used in the sector to raise all the defects and costs generated. In addition, the concepts and methodology used were obtained through a bibliographical survey, data collection, analysis of data collected, development of improvements and evaluation of results. For the optimization of the work, the results were measured after applying the quality tools and the improvement actions applied, and the future results were projected by the authors, demonstrating the gains obtained with their execution. Finally, based on the results presented, a reduction of 3.85% of the defects that were generated in 2017 was obtained, it is verified the extreme importance of the quality tools in the productive process.

Key words: Quality tools, defects, results, process improvements, costs, optimization.

1. INTRODUÇÃO

As estruturas metálicas estão presentes em diversas industrias, como no papel e na celulose, no petróleo e no gás (com novas plantas ou novas ampliações), sendo que desde sua descoberta as empresas seguem os requisitos da sustentabilidade, itens essenciais para que as mesmas mantenham-se no mercado. Dessa forma, a busca de espaço no mercado sustentável e competitivo pelas empresas faz com que a todo o momento surjam novas tecnologias e novos produtos. Entretanto, a necessidade de adaptação ocasiona, na maioria das empresas, uma dificuldade de avaliar a qualidade do que produzem minuciosamente, uma vez que o sistema mais difundido para verificar a qualidade ainda é a inspeção.

Nesse sentido, o presente trabalho visa investigar/minimizar os possíveis problemas que possam interferir no objetivo de produção com qualidade na indústria de estruturas metálicas, na fase de acabamento, analisando mais precisamente o setor de pintura de estruturas metálicas. Para auxiliar no controle dos processos industriais serão utilizadas as ferramentas da qualidade, diagrama de causa e efeito, folha de verificação, diagrama de Pareto, *brainstorming* e 5W2H.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 ESTRUTURAS METÁLICAS, O AÇO E A CORROSÃO

Estruturas metálicas são formadas pela associação de peças interligadas entre si por meio de conectores (rebites, parafusos comuns e parafusos de alta resistência) ou solda, e o insumo mais utilizado para sua fabricação é o aço estrutural (PFEIL, 2005, p. 63). Nesse contexto, PINHEIRO (2005, p. 01), cita algumas vantagens e desvantagens da utilização do aço estrutural, conforme mostra a tabela 01:

TABELA 01 – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO AÇO ESTRUTURAL

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Fabricação com precisão milimétrica	Necessidade de tratamento superficial das peças contra oxidação
Alto controle de qualidade do produto acabado	
Material resistente à vibração e choques	Limitação de fornecimento de perfis estruturais
Garantia das dimensões e propriedades dos materiais	Limitação de execução em fábrica, devido ao transporte até o local de montagem final
Execução de obras rápidas e limpas	
Possibilita a desmontagem das estruturas e sua posterior montagem em outro local	Mão de obra e equipamentos especializados para sua fabricação e montagem
Reaproveitamento dos materiais em estoque	

FONTE: PINHEIRO (2005, p. 01) - ADAPTADO PELOS AUTORES (2017)

O aço é, nos tempos atuais e foi, durante todo o século, o principal material de construção industrial. Porém, devido à corrosão, só foi possível o sucesso de sua utilização com o emprego de revestimentos eficazes, destacando-se, neste caso, o revestimento por pintura, que é anticorrosivo e normalmente orgânico, aplicado sobre a superfície que se quer proteger com espessura inferior a 1 mm (milímetro) (NUNES, 2014, p.01).

Para GNECCO (2003, p.76), “corrosão pode ser definida como sendo a deterioração que ocorre quando um material (normalmente um metal) reage com seu ambiente, levando à perda de suas propriedades”.

2.2 PINTURA INDUSTRIAL, ESQUEMA DE PINTURA E TINTAS

A pintura industrial é aquela cuja finalidade principal é a proteção anticorrosiva. Sua aplicação consiste na interposição de uma película, em geral orgânica, entre o meio corrosivo e o material metálico que se quer proteger. Porém, a pintura industrial apresenta também outras finalidades importantes, tais como, finalidade estética, auxílio na segurança industrial, impermeabilização, diminuição de rugosidade de superfícies, facilitar a identificação de fluídos em tubulações ou reservatórios, impedir a aderência de vida marinha ao casco das embarcações e boias, impedir uma maior ou menor absorção de calor (NUNES, 2014, p. 56).

Considerada um sistema, a pintura industrial se caracteriza em cinco fases importantes: a caracterização dos ambientes corrosivos, a seleção adequada dos esquemas de pintura, a aquisição técnica das tintas, a seleção do método de aplicação e controle da qualidade de aplicação e a inspeção e acompanhamento da pintura (NUNES, 2014, p. 57).

Segundo GENTIL (2003, p. 263), “chama-se esquema de pintura o conjunto de operações realizadas para a aplicação de um revestimento à base de tintas. Compreende o preparo e o condicionamento da superfície e a aplicação de tinta propriamente dita”.

Assim, um esquema de pintura é definido basicamente através de requisitos que determinam suas propriedades após aplicação e, consequentemente, o seu desempenho ao logo do tempo. Tais requisitos são: preparação da superfície, aplicação da tinta de fundo, aplicação da tinta intermediária e aplicação da tinta de acabamento. Isso significa que o esquema de pintura destina-se primordialmente a proteger a superfície, onde o mesmo é aplicado, da ação corrosiva do meio. (NUNES, 2014, p. 197).

Para GNECCO (2003, p. 46), “tinta é uma composição líquida que depois de aplicada sobre uma superfície passa por um processo de secagem ou cura e se

transforma em um filme sólido, fino, aderente, impermeável e flexível". Segundo a definição da norma ABNT NBR 15156 (2004, p. 07), "tinta é um produto líquido, pastoso ou em pó, com propriedades de formar película após secagem ou cura, composto por uma mistura formada de resinas, pigmentos, solventes, cargas e aditivos".

Segundo NUNES (2014, p. 96), "as tintas podem ser classificadas em três grupos conforme as características do veículo, sendo elas: tintas com veículos convertíveis convencionais, tintas com veículos convertíveis de alto desempenho e tintas com veículos não convertíveis". A tabela 02 destaca os tipos de tintas de cada grupo:

TABELA 02 – TIPOS DE TINTA

GRUPO	TINTAS	DESCRIÇÃO
VEÍCULOS CONVERTÍVEIS CONVENCIONAIS	A óleo	Com veículo a óleo, são aquelas cujo agregante são óleos secativos que possuem moléculas não saturadas e secam pela adição de oxigênio.
	Alquídicas	Obtidas pela reação entre poliálcoois e poliácidos, resultando em um poliéster; secam por evaporação do solvente.
	Fenólicas	Obtidas pela reação entre o fenol e um aldeído, tem maior resistência química à umidade.
VEÍCULOS CONVERTÍVEIS DE ALTO DESEMPENHO	Epóxis	Obtidas pela reação entre a epicloridrina e o bisfenol, são tintas de alta *performance* e de custo médio, possuem menor tempo de secagem.
	Poliuretano	Obtidas da reação de um isocianato com um álcool, são tintas de alta *performance,* alta resistência a agentes químicos e à abrasão.
	Polisiloxano	Altamente resistentes à ação de raios ultravioleta, aplicadas como tintas de acabamento.
VEÍCULOS NÃO CONVERTÍVEIS	Acrílicas	Obtidas a partir dos ácidos acrílico e metacrílico, se caracterizam pela excelente resistência aos raios ultravioleta.
	Vinílicas	Obtidas a partir de cloreto e acetato de vinila, são resistentes a ácidos e bases, possuem excelente resistência à abrasão.

FONTE: NUNES (2014, p. 96-97-98) - ADAPTADO PELOS AUTORES (2017)

A seleção adequada do método de aplicação e a observância de alguns requisitos básicos durante todo o período de aplicação têm influência tão grande no desempenho do esquema de pintura quanto as tintas utilizadas. Os métodos tradicionais mais comuns para aplicação das tintas são: trincha/pincel, rolo, pistola convencional (a ar comprimido), pistola sem ar (*airless*) (NUNES, 2014, p.160).

2.2.1 Principais defeitos da pintura industrial

Para GENTIL (2003, p. 268), "os defeitos nos revestimentos por pintura podem ser decorrentes de uma série de fatores e, em geral, estão relacionados com as condições prévias do substrato, a preparação da superfície, a especificação do esquema de pintura, a aplicação das tintas, a qualidade das tintas e a falta de manutenção na época adequada". A tabela 03 apresenta alguns tipos de defeitos mais comumente observados nas tintas e nos revestimentos por pintura (NORMA ABNT NBR 14591, 2003, p. 03).

TABELA 03 – TIPOS DE DEFEITOS NA PINTURA INDUSTRIAL

DEFEITO	ASPECTO DA PELÍCULA DE TINTA	CAUSAS PROVÁVEIS
Escorrimento	A tinta apresenta escorrimento leve ou pesado, ocorrendo em superfícies verticais e inclinadas.	Diluição excessiva da tinta Excesso de tinta Pistola próxima à superfície
Espessura Irregular	A tinta possui espessura variável, fora dos limites de tolerância especificados.	Técnica de aplicação inadequada Pistola à aplicação sob ação do vento Equipamento de aplicação inadequado
Overspray	A superfície da tinta apresenta um aspecto fosco e áspero.	Solvente muito volátil Temperatura ambiente elevada
Casca de laranja	A pintura apresenta rugosa, semelhante à casca de laranja.	Ocorre nas aplicações à pistola quando: - Está muito próxima da superfície Há umidade no solvente
Porosidade	Apresenta descontinuidades invisíveis a olho nu ou não.	Superfície contaminada Retenção de solvente Atomização deficiente
Fendilhamento	Apresenta-se fissurada e fendilhada, atingido o substrato.	Perda de flexibilidade da película Espessura excessiva Defeito de formulação
Enrugamento	O filme de tinta apresenta-se irregularmente enrugado.	Espessura de película muito alta Solventes muito voláteis
Empolamento (bolhas)	Apresenta saliência semiesféricas que variam de tamanho e intensidade.	Retenção de solventes Umidade relativa do ar Processo de corrosão acelerado
Cratera	Apresenta pequenas e uniformes crateras	Pressão muito alta Superfície contaminada
Descascamento	Encontra-se solta, não aderente e desprendendo-se do substrato.	Limpeza de superfície inadequada Incompatibilidade entre tintas Contaminação após a limpeza ou entre demãos

FONTE: NORMA ABNT NBR 14591 (2003, p. 03) - ADAPTADO PELOS AUTORES (2017)

Segundo a definição da norma ABNT NBR 14951 (2003, p. 01), “defeito é a imperfeição que pode comprometer o desempenho e/ou o grau de estética para os quais os produtos foram desenvolvidos ou especificados”.

2.3 QUALIDADE E SUAS FERRAMENTAS

“A qualidade é um termo muito conhecido por todos, pois está presente constantemente em nosso dia a dia, e ao passar do tempo seu conceito foi evoluindo, à medida que as pessoas se tornaram mais exigentes em suas avaliações” (BARROS; BONAFINI, 2014, p. 03).

Segundo a NBR ISO 9000 (ABNT, 2005, p. 08), “qualidade é: grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos”.

Cuidar da qualidade há muito tempo deixou de ser fator diferenciador e passou a ser um requisito indispensável para se participar do mercado. Especialistas afirmam que a maioria dos problemas empresarias pode ser analisada e resolvida com a utilização das

ferramentas da qualidade, sendo elas: Diagrama de Causa e Efeito, Folha de Verificação, Histograma, Gráfico de Pareto, Diagrama de Dispersão, Fluxograma e o Gráfico de Controle (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 530).

O diagrama de causa e efeito, segundo VIEIRA FILHO (2003, p. 49), "é utilizado para apresentar a relação existente entre o resultado (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado". Ainda cita que "este diagrama visa organizar as causas potenciais de um problema por grupos lógicos, mostrar a relação entre elas e visualizar a causa fundamental do problema".

"A folha de verificação é a mais simples das ferramentas e apresenta uma maneira de se organizar e apresentar os dados em forma de um quadro ou tabela, tem grande aplicação para o levantamento e verificação de dados e fatos" (PEINADO; GRAEML, 2007, p. 542).

O gráfico de Pareto foi proposto por Joseph Juran, com base no princípio de Pareto, de Vilfredo Pareto, um economista que considerava que 80% da riqueza estava concentrada em 20% da população. Na qualidade, entendemos que 80% dos defeitos deveriam estar em 20% das causas, daí esse princípio também ser conhecido como 80/20 (BARROS; BONAFINI, 2014, p. 47).

Na língua portuguesa, *brainstorming* significa tempestade de ideias, ou seja, é uma técnica que oportuniza aos colaboradores participarem de modo ativo na empresa, contribuindo com sugestões de melhorias ou soluções sobre algum assunto que se deseja discutir (BOND; BUSSE; PUSTILNICK; 2012 p. 65).

O 5W2H é uma ferramenta utilizada para estabelecer um cronograma de planejamento, execução ou monitoramento de trabalhos e projetos. Seu nome representa as letras inicias de sete palavras grafadas no idioma inglês, sendo cinco delas iniciadas por W (*what, who, when, where e why*) e duas iniciadas pela letra H (*how e how much*) (GOZZI, 2015, p. 98).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em uma indústria metalúrgica que atua na fabricação de estruturas, situada na cidade de Araucária – PR. A aplicação das ferramentas da qualidade no processo de pintura foi realizada através de cinco etapas, sendo elas: levantamentos bibliográficos, levantamento de dados, análises dos dados coletados, desenvolvimento das ações de melhoria, avaliação dos resultados.

O embasamento para o levantamento bibliográfico foi adquirido através da pesquisa bibliográfica. O conhecimento aprofundado no assunto abordado foi realizado

através de buscas em livros, normas técnicas e pesquisas em sites que abordam o assunto.

Para o estudo mais detalhado das condições de trabalho da empresa analisada, o primeiro passo para o levantamento dos dados foi entender sobre o funcionamento das etapas do processo de pintura atual da mesma.



FIGURA 01 – ETAPAS DO PROCESSO DE PINTURA
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Com base na figura 01, pode-se observar que a inspeção de qualidade ocorre apenas no final do processo de pintura. A necessidade de adequação dessas inspeções surgiu devido ao fato de que o processo atual apresenta um alto índice de defeitos (conforme tabela 04), os quais geram retrabalhos e acarretam custos adicionais não previstos inicialmente, encarecendo o processo de pintura.

O levantamento de dados, ocorreu no período de janeiro a junho de 2017, através da folha de verificação dos principais defeitos (representados na tabela 04) que ocasionaram retrabalhos durante o processo de pintura para correção daqueles.

O parâmetro para medir a produtividade no setor de pintura, é a área onde houve à aplicação de tinta, ou seja, a área pintada em metros quadrados (m²). A tabela 07, mostra os principais defeitos que vem ocasionando retrabalhos durante o processo de pintura em metros quadrados (m²), e o índice (%) que isso representa por mês.

TABELA 04 – DEFEITOS DE PINTURA INDUSTRIAL EM METROS QUADRADOS (m²)

Código	Tipo de Defeitos	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17	mai/17	jun/17	Total
PIN-01	Escorrimento	35	62	106	43	96	57	**399**
PIN-02	Espessura Irregular	101	67	226	190	157	201	**942**
PIN-03	Overspray	0	0	8	2	3	6	**19**
PIN-04	Casca de Laranja	14	16	12	7	6	4	**59**
PIN-05	Porosidade	38	29	32	42	26	59	**226**
PIN-06	Fendilhamento	9	17	12	5	3	1	**47**
PIN-07	Enrugamento	4	0	3	6	8	2	**23**
PIN-08	Empolamento (bolhas)	2	6	16	14	5	19	**62**
PIN-09	Cratera	0	0	6	0	0	0	**6**
PIN-10	Descascamento	0	4	18	26	15	0	**63**
Nº de defeitos ocorridos no mês pela área (m²) pintada		**203**	**201**	**439**	**335**	**319**	**349**	**1.846**
Área (m²) total pintada no mês		**1.480**	**1.237**	**2.683**	**2.163**	**2.349**	**2.238**	**12.150**
% de defeitos ocorridos no mês pela área pintada		**13,72%**	**16,25%**	**16,36%**	**15,49%**	**13,58%**	**15,59%**	**15,19%**

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Como pode-se observar na tabela 04, ocorreram defeitos diferentes de pintura ao longo dos meses e as correções deles exigem retrabalhos por vezes distintos, por vezes semelhantes, com custos diferenciados fornecidos pelo setor de planejamento e controle de produção. Custo de produção é o gasto incorrido na fabricação de bens e serviços destinados à venda (FERREIRA, 2007, p.19). A tabela 05 diferencia esses retrabalhos e seus respectivos custos:

TABELA 05 – TIPOS DE RETRABALHO E SEUS CUSTOS EM METROS QUADRADOS (m²)

Retrabalho para Correção do Defeito	Tipo de Defeitos	Tempo (hh:mm)	Custo R$ Pintor	Custo R$ MP	Área m² Retrabalho	Custo R$ Total
Lixar e aplicar nova demão na região danificada	*Overspray*	0:10	3,01	0,50	19	66,69
	Casca de laranja	0:45	13,56	5,50	59	1.124,54
	Descascamento	0:20	6,03	1,00	63	442,89
	Cratera	0:10	3,01	0,50	6	21,06
Retrabalho para Correção do Defeito	**Tipo de Defeitos**	**Custo R$/m² Jateamento**	**Custo R$/m² Pintor**	**Custo R$/m² MP**	**Área m² Retrabalho**	**Custo R$ Total**
Remover toda tinta aplicada na área danificada e reaplicar	Espessura irregular	2,17	3,96	21,73	942	26.244,12
	Escorrimento	2,17	3,96	21,73	399	11.116,14
	Porosidade	2,17	3,96	21,73	226	6.296,36
	Empolamento (bolhas)	2,17	3,96	21,73	62	1.727,32
	Fendilhamento	2,17	3,96	21,73	47	1.309,42
	Enrugamento	2,17	3,96	21,73	23	640,78

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Percebe-se que, dos 12.150 m² de peças produzidas no 1º semestre de 2017, 1.846 m² de peças tiveram que ser repintados, ou seja, 15,19% deste total. Assim, o custo total foi de R$ 48.989,32, sendo o custo médio de R$ 8.164,89 por mês (R$ 4,03 por m² de peça produzida) de retrabalho.

Os custos apurados para retrabalho no 1° semestre de 2017, na empresa em estudo, foram aplicados ao gráfico de Pareto para classificação dos defeitos que representam na produção, devendo ser esse o foco de análise do trabalho de melhoria. Conforme podemos observar no gráfico da figura 02:

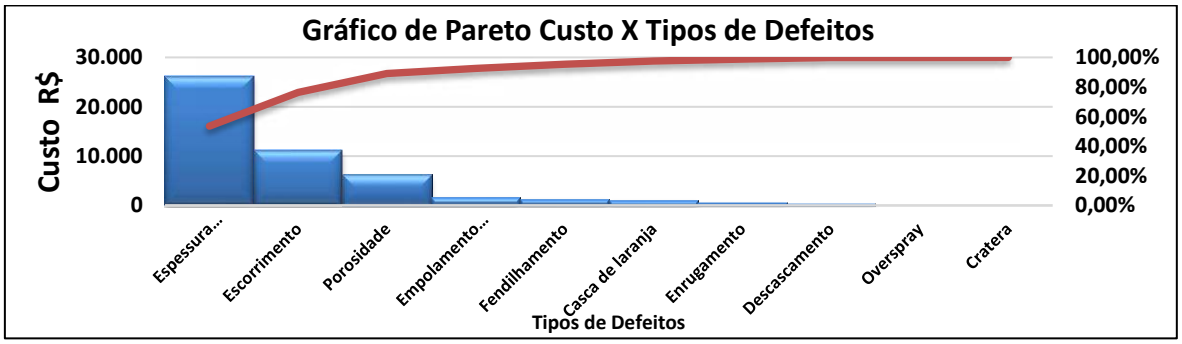

FIGURA 02 – GRÁFICO DE PARETO - CUSTO DOS DEFEITOS
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

A análise do Gráfico de Pareto (figura 02) mostra que dois defeitos (espessura irregular e escorrimento) representam aproximadamente 90% dos custos de retrabalho

do processo de pintura. E para a correção desses defeitos as peças selecionadas devem voltar para o início do processo de pintura, sendo removida toda a tinta aplicada e reaplicando nova pintura, seguida das demais fases do processo, conforme a figura 01.

Com base nesta reunião foi elaborado o diagrama de Ishikawa, para o defeito de "espessura irregular", conforme figura 03 e defeito de "escorrimento, conforme figura 04.

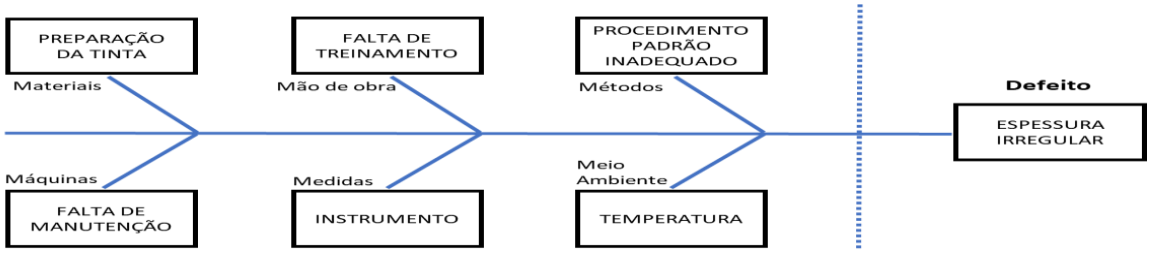

FIGURA 03 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA - ESPESSURA IRREGULAR
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

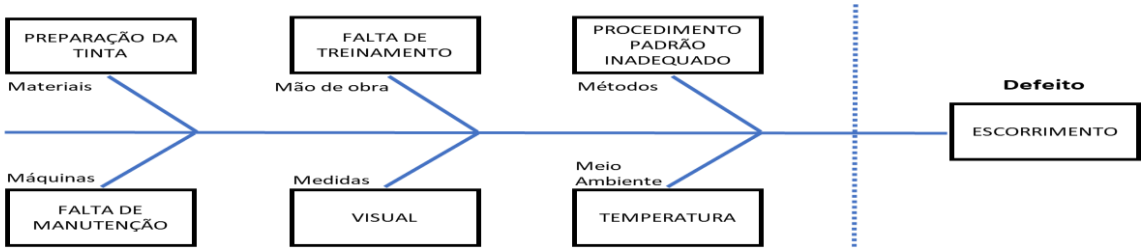

FIGURA 04 – DIAGRAMA DE ISHIKAWA - ESCORRIMENTO
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Como pode-se observar na figura 03, as possíveis causas foram levantadas para o "defeito de espessura irregular" sendo estas detalhadas na análise dos 6 M's:

1M. Materiais: o preparo da tinta deve ser realizado conforme especificações da ordem de fabricação, a qual detalha qual deve ser a diluição ou mistura correta da tinta, com base nas informações técnicas do fabricante.

2M. Mão de obra: os colaboradores possuem experiência prática do processo, porém alguns apresentam dificuldades durante o processo de aplicação com a pistola *airless* ou pistola convencional, dos cinco colaboradores do setor de pintura, apenas um possui a habilidade para executar o serviço, tanto com a pistola *airless* quanto com a pistola convencional. Isso ocorre porque os demais colaboradores do setor de pintura não possuem treinamento adequado para o uso de ambas as ferramentas. Além disso, os colaboradores apresentam dificuldades de como realizar o cálculo e medição de espessura úmida da película de tinta.

3M. Método: o padrão disponível para o processo de pintura contém informações muito vagas, sem detalhes de como deve ser efetuado o processo desde seu início até o fim, fazendo com que os colaboradores utilizem recursos inadequados para realização de suas atividades.

4M. Máquinas: os equipamentos não possuem um plano de manutenção preventiva, o que fez com que o equipamento sofresse desgaste muito maior do que previsto.

5M. Medidas: a medição da espessura da camada de tinta úmida é realizada através do medidor específico (tipo pente), já a medição da espessura de camada da tinta seca é realizada através de um aparelho digital, que deve possuir certificação e estar calibrado.

6M. Meio ambiente: nota-se que as condições climáticas impactam negativamente o processo de cura da pintura devido às variações de temperaturas constantes existentes na região, fazendo com que o tempo de cura aumente.

Como pode-se observar na figura 04, as possíveis causas foram levantadas para o defeito de "escorrimento", sendo praticamente as mesmas do defeito de espessura irregular, com exceção das medidas, que neste caso de escorrimento não se utiliza nenhum tipo instrumento para medição, o defeito é detectado visualmente.

Após análise detalhada dos 6 M's, as causas menos prováveis - preparação da tinta (materiais), falta de manutenção (máquinas), instrumento ou visual (medidas) e temperatura (meio ambiente) - foram eliminadas, restando as consideradas mais prováveis, sendo elas: falta de treinamento (mão de obra) e falta de procedimento padrão (método). Após a definição das causas mais prováveis - falta de treinamento e falta de procedimento padrão - foi aplicada a ferramenta da qualidade 5W2H, com o objetivo de desenvolver ações necessárias para reduzir as causas mais prováveis que ocasionam os defeitos no setor de pintura, conforme descrito na tabela 06:

TABELA 06 – PLANO DE AÇÃO PARA AS CAUSAS MAIS PROVÁVEIS

O QUE (WHAT)	POR QUE (WHY)	QUEM (WHO)	QUANDO (WHEN)	ONDE (WHERE)	COMO (WHO)	QUANTO (HOW MUCH)
Revisar procedimento padrão de pintura	Reduzir os defeitos	Os autores com apoio do inspetor de pintura	Dia 26 a 30 de junho de 2017	No setor de pintura	Através de qualificação teórica e prática	Custo zero à empresa, assumido pelos autores
Realizar treinamento com os colaboradores do setor de pintura	Capacitar para reduzir os defeitos durante o processo	Os autores com apoio do inspetor de pintura	Dia 03 a 07 de julho de 2017	No setor de pintura	Através de qualificação teórica e prática	Custo zero à empresa, assumido pelo inspetor

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Com base na tabela 06, foram executadas as seguintes ações de melhorias:

1ª ação: com o apoio do inspetor de pintura qualificado nível 01, funcionário da empresa em estudo, foi possível realizar a revisão geral do procedimento padrão de pintura, tornando-se um documento prático para os colaboradores envolvidos no processo. Segundo ALBERTIN (2016, p.69), "procedimento padrão é aquela atividade executada por um ou mais trabalhadores".

Por conseguinte, as tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários. Um padrão contém informações necessárias de como devem ser executadas as tarefas e permite que estas sejam realizadas por diferentes operadores obtendo resultados previsíveis e repetidos. Assim, a padronização reduz as fontes de variabilidade dos processos e contribui para o seu controle e estabilidade. Os padrões devem representar as melhores práticas e documentar as melhorias realizadas (ALBERTIN, 2016, p.69).

2ª ação: a tabela 07 mostra as etapas do procedimento padrão de pintura que foram revisadas:

TABELA 07 – ETAPAS DO PROCEDIMENTO PADRÃO REVISADAS

ATIVIDADES	ETAPAS REVISADAS
PREPARAÇÃO DA TINTA	Leitura dos rótulos, espátulas, recipientes limpos, homogeneização, pigmento sedimentado, agitação, local, nata, mistura, uniformidade, diluição, lata tampada.
APLICAÇÃO DE TINTAS	Equipamento, pincel, rolo, pistola (convencional, *airless)*, procedimentos.
RETRABALHO EM PINTURA	Modificação em peças gerando retrabalho, constatação de defeitos de pinturas, danificações durante o transporte ou montagem.
SEGURANÇA EM PINTURA	Considerações, solventes, pigmentos, equipamentos de segurança, primeiros socorros, procedimentos que deverão ser observados no manuseio e na aplicação das tintas, procedimentos e cuidados em caso de derramamento, procedimento em caso de incêndio, precauções.
RESPONSABILIDADES	Encarregado, inspetor de qualidade, colaboradores do setor.

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

3ª ação: Foi desenvolvido um *checklist* de inspeção para controle de qualidade, conforme figura 05:

	CHECKLIST Controle de Qualidade: Pintura e Aderência							
DADOS PREPARAÇÃO DA TINTA DE FUNDO (1ª DE MÃO)								
Nome da Tinta:			Lote A:		Diluente Utilizado		OBS:	
			Lote B:		% Diluição			
DADOS DA APLICAÇÃO DA TINTA DE FUNDO (1ª DE MÃO)								
Executante:		Cabine de pintura:			OF:		P.O:	
Temp. ºC:		Umidade Relativa do Ar (URA):			Nº de patrim. instrum.:			
Data:		Horário de inicio		Horário de termino:		Espessura úmic		
RESULTADOS DOS ENSAIOS DA TINTA DE FUNDO (1ª DE MÃO)								
Executante:			Data:			Horário:		
Instrumento de verificação:				Nº de patrimônio:				
TAG:		Evidência do teste de aderência nº 1:			Evidência do teste de aderência nº 2:			
Espessura da Camada Seca								
		Média						

FIGURA 05 – *CHECKLIST* – CONTROLE DE QUALIDADE: PINTURA E ADERÊNCIA
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

O *checklist* de inspeção foi desenvolvido para controle de qualidade envolvendo várias etapas do processo, o qual acontecia apenas na etapa final antes dessa pesquisa. Os responsáveis por realizarem essas inspeções serão os próprios colaboradores envolvidos no processo e o inspetor de pintura qualificado nível 01.

4ª ação: foi revisado o fluxograma de processo (figura 06) com a introdução do novo *checklist* de inspeção (figura 05) para controle de qualidade que foi desenvolvido:

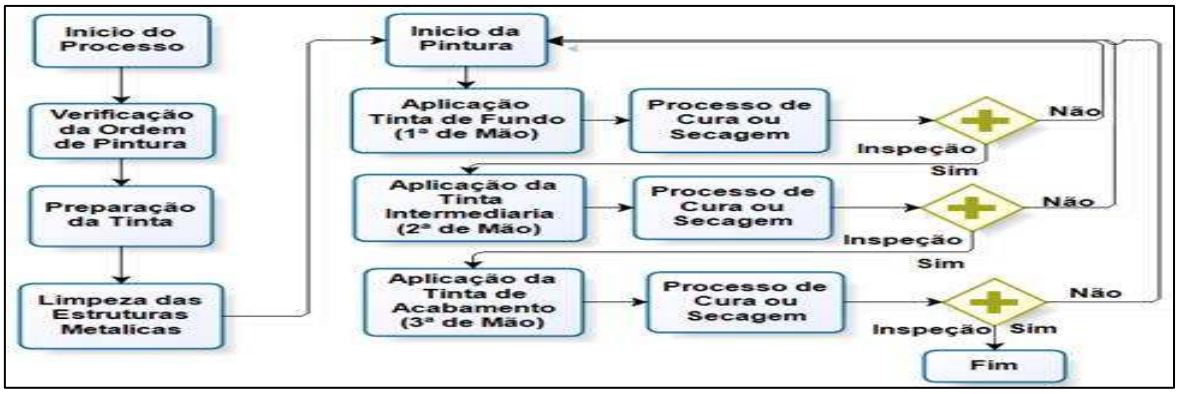

FIGURA 06 – ETAPAS DO PROCESSO DE PINTURA
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

5ª ação: a capacitação dos colaboradores foi realizada através da apresentação de slides com treinamento teórico abordando os seguintes temas: os tipos de tintas existentes no mercado; como são realizadas sua preparação e aplicação; esquemas de pintura, defeitos mais comuns no processo de pintura industrial; como eles ocorrem e a forma de correção; a importância de se ter um processo com qualidade.

Já o treinamento prático foi realizado com o apoio técnico do inspetor de pintura qualificado nível 01, em que foram apresentadas técnicas para uma pintura de qualidade, a forma correta de aplicação de tinta com a pistola convencional e *airless*, como é realizada a medição e o cálculo de espessura úmida da película de tinta. A medição correta de espessura da película de tinta úmida é extremamente importante para o processo, pois permite que o pintor, no momento de aplicação da tinta, saiba qual deve ser a espessura de camada seca que se quer obter.

6ª ação: duas ideias de melhoria geradas durante a reunião de *brainstorming* foram implantadas no processo de fabricação das estruturas. São dois dispositivos metálicos, que foram desenvolvidos para posicionar as peças que serão pintadas. O investimento para fabricação desses dois dispositivos foi de R$ 3.200,00 divididos entre mão de obra e matéria prima.

7ª ação: outra melhoria implantada foi a compra de cinco novas jarras graduadas, que são utilizadas para dosagem no momento da preparação da tinta, e o investimento para compra das mesmas foi de R$ 215,00.

Após a implantação das melhorias no processo, foram levantados novos dados comparativos aos obtidos anteriormente para análise da eficácia do controle. Os novos dados foram levantados no período de julho a outubro de 2017, através da folha de verificação dos principais defeitos, representados pela tabela 08. Os dados do mês de novembro e dezembro foram projetados através de média ponderada.

TABELA 08 – TIPOS DE RETRABALHO E SEUS CUSTOS EM METROS QUADRADOS (m²)

Código	Tipo de Defeitos	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	Total
PIN-01	Escorrimento	57	52	42	43	56	56	**307**
PIN-02	Espessura Irregular	198	126	88	82	139	139	**773**
PIN-03	Overspray	3	0	0	2	2	2	**10**
PIN-04	Casca de Laranja	15	7	6	0	7	7	**42**
PIN-05	Porosidade	25	45	29	18	33	33	**183**
PIN-06	Fendilhamento	12	7	4	3	6	6	**38**
PIN-07	Enrugamento	3	0	0	4	3	3	**12**
PIN-08	Empolamento (bolhas)	9	5	8	3	8	8	**42**
PIN-09	Cratera	2	0	0	0	1	1	**3**
PIN-10	Descascamento	8	12	10	4	10	10	**53**
Nº de defeitos ocorridos no mês pela área (m²) pintada		**332**	**254**	**187**	**159**	**265**	**265**	**1.462**
Área (m²) total pintada no mês		**2.203**	**2.134**	**2.149**	**2.098**	**2.157**	**2.157**	**12.898**
% de defeitos ocorridos no mês pela área pintada		**15,07%**	**11,90%**	**8,70%**	**7,58%**	**12,29%**	**12,29%**	**11,34%**

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Com base na tabela 08, pode-se observar que ocorreram defeitos diferentes de pintura ao longo dos meses e as correções desses defeitos exigem retrabalhos ora distintos, ora semelhantes, com custos diferenciados. A tabela 09 diferencia esses retrabalhos e seus respectivos custos.

TABELA 09 – TIPOS DE RETRABALHO E SEUS CUSTOS EM METROS QUADRADOS (m²)

Retrabalho para Correção do Defeito	Tipo de Defeitos	Tempo (hh:mm)	Custo R$ Pintor	Custo R$ MP	Área m² Retrabalho	Custo R$ Total
Lixar e aplicar nova demão na região danificada	*Overspray*	0:12	3,01	0,50	10	33,38
	Casca de laranja	0:38	13,56	5,50	42	796,36
	Descascamento	0:20	6,03	1,00	53	372,72
	Cratera	0:10	3,01	0,50	3	11,10
Retrabalho para Correção do Defeito	**Tipo de Defeitos**	**Custo R$/m² Jateamento**	**Custo R$/m² Pintor**	**Custo R$/m² MP**	**Área m² Retrabalho**	**Custo R$ Total**
Remover toda tinta aplicada na área danificada e reaplicar	Espessura irregular	2,17	3,96	21,73	773	21.533,25
	Escorrimento	2,17	3,96	21,73	307	8.539,34
	Porosidade	2,17	3,96	21,73	183	5.103,45
	Empolamento (bolhas)	2,17	3,96	21,73	42	1.164,55
	Fendilhamento	2,17	3,96	21,73	38	1.054,63
	Enrugamento	2,17	3,96	21,73	12	346,98

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Constata-se que dos 12.898 m² produzidos e estimados, 1.462 m² tiveram que ser repintados, ou seja, 11,34% da produção total, sendo que o custo total foi de R$ 48.955,76 no semestre (julho a outubro 2017 real e novembro a dezembro 2017 projetado), e o custo médio foi de R$ 6.492,63/mês, R$ 3,02 por m² retrabalhado.

A tabela 10 mostra a comparação dos resultados obtidos entre o primeiro semestre e o segundo semestre de 2017.

TABELA 10 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Custos (R$)	Antes (1º semestre)	Depois (2º semestre)	Ganho (R$)
Semestre	R$ 48.989,32	R$ 38.955,76	**R$ 10.033,56**
Mês	R$ 8.164,89	R$ 6.492,63	**R$ 1.672,26**
Por m² Retrabalhado	R$ 4,03	R$ 3,02	**R$ 1,01**
Defeitos (%)	15,19%	11,34%	**3,85%**

FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Como pode-se observar na tabela 10, foi obtida uma redução de 3,85% dos defeitos que eram gerados no processo de retrabalhos, após a implantação das melhorias. Os ganhos projetados no semestre foram de R$ 10.033,56 (R$ 1.672,26 mensal) e o custo por m² retrabalhado passou de R$ 4,03 para R$ 3,02, uma redução de R$ 1,01/m² de peças retrabalhado.

O gráfico de Pareto da figura 07 mostra o comparativo entre os custos de retrabalhos obtidos para correção dos defeitos do primeiro e segundo semestre de 2017:

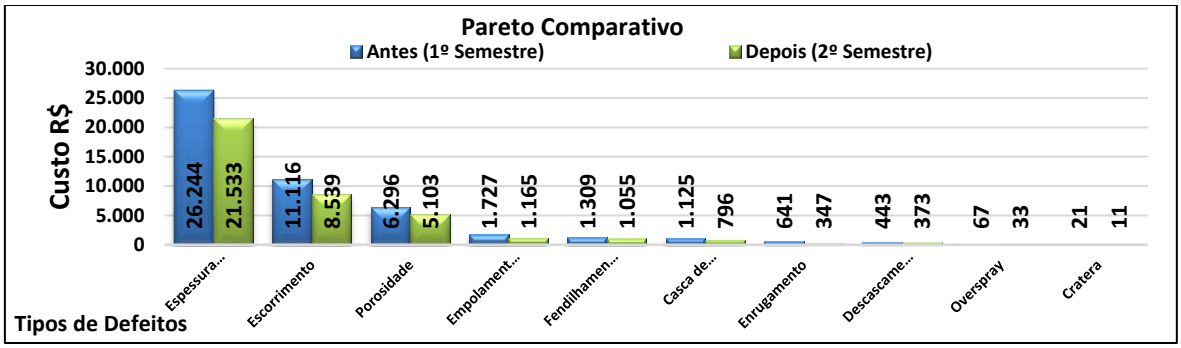

FIGURA 07 – GRÁFICO DE PARETO COMPARATIVO
FONTE: ELABORADO PELOS AUTORES (2017)

Como pode-se observar na figura 07, o resultado obtido foi satisfatório pois, após a implantação das melhorias, obteve-se redução de R$ 4.711,00 para correção do defeito espessura irregular, ou seja, uma redução 17,9%, e obteve-se também redução de R$ 2.577,00 para correção do defeito escorrimento, ou seja, uma redução de 23,18%.

4. CONCLUSÃO

Após a implementação das ações de melhorias foi obtida uma redução de 3,85% dos defeitos que eram gerados. Com isso houve a diminuição do custo de retrabalho para correção dos defeitos de R$ 48.989,32 para R$ 38.955,76, ou seja, uma redução de R$ 10.033,56 no custo de fabricação das peças por semestre.

Para os integrantes da equipe e o pessoal envolvido do setor de pintura, o presente trabalho proporcionou não somente um ganho financeiro à empresa, mas também um ganho em conhecimento técnico e prático na área de pintura industrial.

Portanto, o presente trabalho contribuiu de forma positiva para que a empresa em estudo implementasse as ferramentas da qualidade de forma a reduzir seus retrabalhos e melhorar os rendimentos da produção. O desafio futuro para esta empresa será de dar continuidade na aplicação das ferramentas da qualidade sugeridas, adaptando os conceitos e estudos apresentados no projeto piloto e nos demais setores.

5. REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo. **Gestão de processos e técnicas de produção enxuta.** Curitiba: InterSaberes, 2016.

BARROS, Elsimar; BONAFINI, Fernanda. **Ferramentas da Qualidade.**1. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

BOND, Maria Thereza; BUSSE, Angela; PUSTILNICK, Renato. **Qualidade total**: o que é e como alcançar. 1. Ed. Intersaberes, 2012.

FERREIRA, José Antonio Stark. **Contabilidade de custos.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

GNECCO, Celso. **Tratamento de Superfície e Pintura.** Rio de Janeiro; IBS/SBCA, 2003.

GOZZI, Marcelo Pupim. **Gestão da qualidade em bens e serviços.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 15156. **Pintura Industrial – Termologia,** 2004.

NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 14951. **Sistemas de pintura em superfícies metálicas – Defeitos e correções,** 2003.

NORMA BRASILEIRA ABNT NBR ISO 9000. **Sistemas de gestão da qualidade**: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2005.

NUNES, Laerce de Paula. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva.** 5. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

PEINADO, Jurandir GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção**: operações industriais e serviços. Curitiba: UnicenP. 2007

PFEIL, Walter. **Estruturas de aço**: Dimensionamento Prático. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas Metálicas**: cálculos, detalhes, exercícios e projetos. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2005.

VIEIRA FILHO, Geraldo. **GQT – Gestão da Qualidade Total**: uma abordagem prática. Campinas: Editora Alínea, 2003.